

Università degli studi di Pisa

Facoltà di ingegneria



Dipartimento dei sistemi elettrici e automazione



Corso di laurea in ingegneria informatica

Tesi di laurea

Pianificazione ottima del carico di una centrale termoelettrica

Candidato: Franco Nistico



Relatore: Aldo Balestrino



Relatore: Alberto Landi



anno accademico 2004-2005

Indice

Prefazione	4
Sommario	5
1. Mercato dell'energia	6
1.1 Scenario nazionale	6
1.2 Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale	9
1.3 Funzionamento del mercato elettrico	10
1.4 Programmi al quarto d'ora	12
1.5 Bilanciamento di energia al quarto d'ora	14
1.6 Regolazione di frequenza-potenza	17
1.7 Riserva primaria, secondaria e terziaria	20
2. Impianto a ciclo combinato	21
2.1 Schema di impianto	21
2.2 Turbina a gas	22
2.3 Generatore di vapore a recupero	24
2.4 Turbina a vapore	26
2.5 Prestazioni dell'impianto	27

3. Programmazione matematica	30
3.1 Programmazione Non Lineare	30
3.2 Minimizzazione di funzioni di più variabili	31
3.3 Ottimizzazione vincolata	33
3.4 PNL in Matlab	35
 4. Modello matematico	 38
4.1 Analisi dei dati raccolti	38
4.2 Costruzione del modello matematico	40
4.3 Implementazione del modello	43
4.4 Studio del modello	49
4.5 Procedura di ottimizzazione	53
 5. Sperimentazioni numeriche	 57
5.1 Introduzione	57
5.2 Prova su un quarto d'ora	58
5.3 Prova su due quarti d'ora adiacenti	61
 Conclusioni e sviluppi futuri	 64
 Bibliografia	 65

Prefazione

La riforma nel campo della produzione e utilizzazione dell'energia elettrica, che ha portato molti cambiamenti al sistema, ha spinto ENEL a modificare l'attuale procedura per la generazione di energia, divenuta ormai obsoleta e non più adatta alle nuove esigenze di flessibilità.

La richiesta di una maggiore flessibilizzazione passa dalla ricerca di soluzioni progettuali volte all'introduzione di sistemi di automazione più avanzati che permettano di ottimizzare la gestione dell'impianto.

Le nuove condizioni operative e il nuovo quadro normativo portano all'introduzione di nuove disposizioni da rispettare, che rendono ancora più essenziale un cambiamento dell'attuale procedura per la generazione di energia elettrica.

In questo quadro si inserisce l'attività in oggetto, il cui obiettivo è sviluppare e mettere a punto una procedura per il progetto di un sistema avanzato di automazione che permetta una gestione più flessibile degli impianti termoelettrici a ciclo combinato, che rispetti le nuove disposizioni e che renda più efficienti gli impianti di produzione aumentandone la redditività.

Sommario

Il punto di partenza sarà l'acquisizione di informazioni relative al nuovo mercato elettrico, ai soggetti del mercato stesso, alle nuove procedure per la determinazione del programma di produzione e alle disposizioni di carattere economico.

Si passa poi allo studio di un impianto a ciclo combinato, descrivendo il funzionamento dei componenti che lo costituiscono e evidenziando i limiti fisici dello stesso, in tutte le condizioni di utilizzo.

Acquisiremo informazioni sugli strumenti da utilizzare nella progettazione del sistema avanzato. In particolare parleremo di programmazione non lineare, di ottimizzazione vincolata e del software che permette la ricerca dell'ottimo.

Cominceremo la progettazione analizzando le informazioni ottenute, valutando quali e come possono essere utili alla progettazione. Seguirà la costruzione di un modello matematico, che rappresenti un giusto compromesso fra trattabilità matematica e problema reale, l'implementazione e lo studio del modello creato, mettendone in luce le principali caratteristiche.

Si giungerà alla creazione di un algoritmo e di una procedura di ottimizzazione, che sarà sottoposta a sperimentazione. Si concluderà con la discussione dei vantaggi derivanti dal nuovo sistema e si individueranno possibili sviluppi futuri.